

УДК 504.06:669.71 (571.51)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗОЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ НА ЗОЛОТВАЛАХ ТЭС И ДРУГИХ НАКОПИТЕЛЯХ ОТХОДОВ

Бутачина О.Г.

Научный руководитель – профессор Кузнецов Г.И.

Сибирский федеральный университет

Теплоэнергетические отходы от сжигания ископаемого топлива создают одну из острейших экологических проблем нашего времени, так как размещение отходов, несмотря на их малую токсичность, создает постоянную угрозу загрязнения окружающей среды. Складирование золошлаковых отходов (ЗШО) в основном производится в гидрозолоотвалах. При экологическом несовершенстве сооружений гидрозолоотвалов они становятся причиной длительных технологических нарушений, отрицательно влияющих на состояние окружающей среды (загрязняющая геофильтрация проток, растекание гидросмеси при прорывах дамб, эрозия и обрушение откосов дамб, подтопление и затопление прилегающих территорий, пыление тонкодисперсных фракций ЗШО на сухих надводных пляжах и др.). Отмеченные негативные факторы определяют необходимость перехода к более прогрессивным, в том числе с позиций экологии, способам складирования отходов. Не менее остро стоит проблема складирования коммунальных отходов, которые зачастую часто просто вывозятся за городскую черту и выбрасываются, образуя несанкционированные свалки. Последствия этого известны – загрязнение почвы на больших территориях, загрязнение подземных вод под воздействием атмосферных осадков, инфильтрующихся через толщу отходов, загрязнение пылью и газами, образующимися в процессе разложения и горения отходов. Также стоит отметить, что в связи с ежегодным увеличением объемов коммунальных отходов проблема их захоронения становится все актуальнее, соответственно, устройство экологически безопасного хранилища коммунальных отходов является важной народно - хозяйственной задачей.

Важнейшими конструктивными элементами как золоотвалов, так и хранилища коммунальных отходов являются противофильтрационные экраны, предназначенные для исключения попадания загрязняющих веществ (фильтрата) в почву и подземные воды. Для создания таких экранов может быть использована зола, получаемая при сжигании углей Канско-Ачинского бассейна (КАУБ).

Исследованиями Сибфилиала ВНИИГ, выполненными ранее, установлена возможность использования для устройства противофильтрационных экранов густых водозоловых смесей (ВЗС), приготовленных из высококальциевой золы КАУБ в соотношении с водой В/З в диапазоне от 0,1 до 1,5 (Например: при В/З=0,1 – на 1 кг золы добавляется 0,1 кг затворителя). После затвердевания этот материал приобретает низкие значения коэффициента фильтрации и высокую механическую прочность. Образцы, полученные из водозоловых смесей более густой консистенции (В/З = 0,5), имеют меньший коэффициент фильтрации, чем образцы, полученные из водозоловых смесей более жидкой консистенции (В/З = 1,0); все образцы уже через месяц приобретают достаточно малую водопроницаемость, характеризующуюся коэффициентом фильтрации не более $A \cdot 10^{-6}$ см/с. Золовые образцы, приготовленные на осветленной воде золоотвала, имеют более низкую проницаемость, чем образцы, приготовленные на

водопродонной воде; при твердении густых ВЗС в воздушно-влажных условиях золовый камень набирает прочность порядка 2,7 МПа. Упрочнение золового камня объясняется образованием в его структуре гидросиликатных соединений. Такие свойства в большой степени зависят от технологических факторов – консистенции ВЗС, скорости и времени перемешивания, введения поверхностно-активных добавок. Примером успешного использования золы для возведения противофильтрационного экрана является золоотвал №2 Абаканской ТЭЦ.

Аналогичные золобетонные экраны могут быть эффективно использованы для создания надежных водонепроницаемых оснований экологически совершенных насыпных накопителей, рассчитанных на складирование иных промышленных отходов.

Для уточнения фильтрационных характеристик и других свойств ВЗС на кафедре ИЭ и БЖД СФУ проведены исследования проницаемости золошлакового материала в зависимости от следующих факторов:

- гранулометрического состава золошлакового материала;
- водозолового соотношения и времени выдерживания ВЗС до постановки под напор;
- качественной оценки прочности.

Проведенные исследования позволят уточнить оптимальные условия создания противофильтрационных элементов из золы, полученной при сжигании угля Канско-Ачинского угольного бассейна. Эти золы обладают таким важным свойством, как способность к самоцементации. В химическом составе золы преобладающими являются оксиды кальция, содержание которых достигает 30-50%, которые обладают высокими вяжущими свойствами.

Гранулометрический состав определен для золы, полученной при сжигании угля ирша – бородинского месторождения на котельной Студгородка СФУ. Для испытаний использовалась зола, полученная после зимнего отопительного сезона (апрель 2010) – образец №1 и зола полученная на начало отопительного сезона (осень 2010г) – образец №2; средний гранулометрический состав этих образцов приведен в таблице 1. Зола по гранулометрическому составу соответствует пылеватому песку с включениями крупнозернистых фракций; встречаются небольшие включения шлака. В целом содержание шлака в золе невелико.

Таблица 1

Гранулометрический состав золы образца №1

Фракция, мм	0,1	0,25	0,5	более 0,5	более 2
Образец №1. Содержание в %	10,7	26,9	46	13,12	3,28
Образец №2. Содержание в %	2,5	32,8	48,3	15,3	1,1

Коэффициент фильтрации образцов затвердевшей золы определялся по методике Г.Н. Каменского. Для приготовления образца использована труба $d=0,3$ м и высотой 0,45 м, установленная на песчано-гравийную подушку и заполненная на высоту 0,03 м золошлаковым материалом, затворенным водой при различных соотношениях воды к золе. Образец снизу подтоплен водой для того, чтобы в нем не осталось заземленного воздуха. После твердения образца в течение 24 ч до 4 суток, в трубу заливается вода на высоту 0,15 м. Пористое дно обеспечивает свободное высачивание воды и уровень ее в трубе постепенно снижается. Измеряя динамику снижения уровня воды, определяем коэффициент фильтрации. Опытная установка изображена на рис. 1. Величина фильтрующего расхода определяется законом Дарси.

Градиент фильтрационного потока i определяется разностью напоров, отнесенной к длине пути фильтрации; произведя все необходимые подстановки и преобразования, решаем уравнение относительно коэффициента фильтрации:

$$K_f = 2,3 \frac{l}{t} \lg \frac{h_0}{h_0 - s}, \text{ м/сут} \quad (1.1)$$

где:

l – высота исследуемого образца, м;

t – время, с;

h_0 – высота воды, заливаемой в трубу, м;

s – путь, пройденный уровнем воды к этому времени, м.

По данным замеров положения уровня воды в приборе на различные моменты времени строится график зависимости $s = f(t)$ в координатах $\lg \frac{h_0}{h_0 - s}$ и t . График должен иметь вид прямой линии с угловым коэффициентом $r = 2,3/l$.



Рис.1. Общий вид опытной установки

Зола обладает вяжущими свойствами и относится к активным, самотвердеющим материалам. Серия опытов с образцом №1 проводилась в августе 2010г. Используемая зола затворялась водопроводной водой в соотношении 1:0,5 и 1:0,6. При соотношении В/З=0,5 смесь получалась густая, не рассыпалась и не расплывалась; при В/З=0,6 смесь представляла собой расплывающуюся густую массу. Минимальное время твердения ВЗС с соотношением 1:0,6 составило 1 сутки, для ВЗС с 1:0,5 - около трех суток. Таким образом, полученный в наших опытах средний коэффициент фильтрации для ВЗС с соотношением 1:0,5 равен 0,02 м/сут; для ВЗС с 1:0,6 равен 0,012 м/сут.

Серия опытов с образцом золы №2 проводилась в периоде с сентября по октябрь 2010г. В процессе приготовления смеси с соотношением В/З=0,5 материал частично окомковывался, представлял собой густую массу, не расплывался; при В/З=0,6 смесь расплывалась. Образцы ВЗС с отношением 1:0,5 ставились под напор воды после 24 ч твердения; через сутки вся вода профильтровывалась. Дальнейшее время твердения образцов было увеличено. Образец с соотношением 1:0,6 ставился под напор после 4 суток твердения. Полученный в этой серии опытов средний коэффициент фильтрации равен 0,006 м/сут.

Эксперименты показали, что с увеличением времени твердения образца до постановки его под напор воды коэффициент фильтрации становится значительно меньше. При твердении образцов трещины обнаружены не были. Также стоит отметить, что при гидратации золы происходит саморазогрев смеси. Образец золотого камня показан на рис.3.



Рис.3. Образец золотого камня

Золобетонный материал соответствует ближайшему аналогу – суглинку, такой грунт может быть использован для устройства экранов и других противофильтрационных элементов.

Выводы:

1. Результаты экспериментальных исследований фильтрационных и других свойств золошлаковых образцов наглядно подтверждают полученные ранее СибВНИИГом данные о достаточно высоких водоупорных свойствах затвердевших образцов золы:

- образцы, полученные из водозоловой смеси с $V/Z = 0,6$ и поставленные под напор водопроводной воды через сутки после укладки смеси в прибор, имеют проницаемость в 2 раза выше, чем аналогичные образцы, поставленные под напор после твердения в течение четырех суток;

- сравниваемые результаты, полученные в лаборатории СибВНИИГа (для $V/Z = 0,5 \div 0,7$ коэффициент фильтрации равен $0,05 \div 0,005$ м/сут) и результаты, полученные нами ($V/Z = 0,5 \div 0,6$, коэффициент фильтрации равен $0,02 \div 0,006$ м/сут) подтверждают экранирующие свойства затвердевшей золы.

2. Основываясь на положительном результате экспериментальной проверки водопроницаемости образцов твердеющей золы можно полагать, что такая зола может успешно использоваться для создания надежных и экологически приемлемых экранов золоотвалов ТЭС.

3. Использование золы для природоохранных мероприятий на тепловых станциях, сжигающих КАУ позволяет повысить экономические и экологические показатели данных энергетических объектов.

4. При соответствующем обосновании свойства самоцементирующейся золы могут быть использованы для создания золобетонного экрана и промежуточных слоев при организации совместного складирования энергетических и коммунальных отходов; исследования в этом направлении продолжаются.